BONPLANDIA

Tomo I | Agosto de 1960 | Nº 1

A PROPOSITO DE UN ENSAYO CON ABONOS (cal y harina de huesos) EN ALFALFA[1] (*Medicago sativa*)

Por ISIDORO MOGILNER[2], HECTOR M. CENOZ[3] y DORA F. de VIDOMLANSKY[4]

La alfalfa, prácticamente no se cultiva en la provincia de Corrientes, pues sólo existen pequeños lotes ubicados en distintas zonas.

No se ha realizado un estudio edafológico-sistemático de los suelos de la provincia, pero los análisis efectuados aisladamente indican que puede decirse, con bastante certeza, que no son uniformes, sino que la variación es la regla, aún en dos lugares ubicados geográficamente muy cerca. Pese a esta variabilidad, existen algunas características que, en mayor o menor grado, son comunes a todos ellos y que inciden negativamente sobre la alfalfa, entre las que podemos señalar las siguientes:

1) Subsuelo impermeable, generalmente arcilloso.
2) Napa freática muy próxima a la superficie (al menos en algunas zonas).
3) Suelos de reacción ácida.
4) Suelos pobres en nitrógeno, calcio y fósforo.
5) Posible ausencia del *Rhizobium meliloti*.

Las características 1) y 2), inciden negativamente sobre *Medicago sativa*, por cuanto esta especie desarrolla un sistema radicular pivotante, profundo y poco ramificado, necesitando subsuelos permeables; situación que quizás pudiera obviarse, en parte, haciendo selección de plantas con sistema radicular ramificado, o bien utilizando alfalfa híbrida (*Medicago sativa* × *Medicago falcata*), que posee el sistema radicular ramificado propio de *M. falcata* (sugerencia del Ing. Agr. Cástulo Cialzeta).

La acidez del suelo podría resolverse con la encaladura.

[1] Trabajo realizado en el Instituto de Botánica Aplicada.

[2] Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de "Fisiología Vegetal" de la Facultad de Agricultura, Ganadería e Industrias Afines.

[3] Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de "Cultivos Industriales y Cerealeros" de la misma Facultad.

[4] Ingeniero Agrónomo. Jefe de Trabajos Prácticos de "Edafología", de la misma Facultad. Técnico de la Dirección de Experimentación e Investigación de la Pcia. de Corrientes.

La característica 4) se solucionaría en parte con el agregado de calcio y fósforo; y la 5) con la inoculación de la semilla.

Es decir, que las medidas agrotécnicas necesarias, para corregir, en parte, las deficiencias de estos suelos, con el objeto de cultivar alfalfa, serían las siguientes:

a) Incorporar suficiente calcio para corregir la acidez y para suplir las necesidades de la alfalfa, especie netamente calcícola. Hay que tener en cuenta que el pH de los suelos no sólo incide sobre la alfalfa sino también sobre el *Rhizobium meliloti*. Se da como pH óptimo para la alfalfa el intervalo 7,0 - 8,0, y para el *Rhizobium meliloti* un óptimo comprendido entre 6,5 - 7,0 ([1]) (pág. 67) y con un límite de acidez tolerada de aproximadamente pH 5,0 ([3]) (pág. 196).
b) Aumentar el contenido de fósforo asimilable y creemos que también se debe agregar molibdeno y boro, porque estos dos microelementos tienen una importancia decisiva para establecer una simbiosis eficiente entre las leguminosas y cada *Rhizobium* específico.
c) Inocular la semilla de alfalfa con razas eficientes de *Rhizobium meliloti*.

De acuerdo con estas consideraciones, al realizar estos ensayos, nos propusimos averiguar que incidencia tenía sobre los rendimientos de la alfalfa la semilla inoculada en relación a la no inoculada y el agregado de distintas dosis de cal y harina de hueso al suelo.

Ensayo con cal

En general, la bibliografía aconseja agregar a un suelo del tipo en que se hizo el ensayo (suelo y subsuelo muy arcilloso, con un pH de 5,5 a 6,6), una dosis de alrededor de 3 toneladas de cal apagada por hectárea, lo que en la práctica, por motivos económicos, no sería posible realizar en nuestro medio.

De ahí que decidimos llevar a cabo un ensayo, que tendría como objetivo observar si con dosis más pequeñas de cal, se podrían obtener rendimientos satisfactorios de alfalfa, aunque no fuera más que con el objeto de obtener cultivos para la alimentación suplementaria del ganado lechero y evitar así la incidencia gravosa que sobre el costo de producción de la leche tiene la adquisición de heno de alfalfa y tortas oleaginosas que utilizan los tamberos correntinos.

En este orden de ideas, cabe citar los ensayos realizados por Vlasiuk ([7]), que obtuvo resultados muy positivos, consistentes en el aumento de rendimientos en remolacha azucarera en suelos ácidos con el agregado de sólo 200 - 400 kilogramos por hectárea de cal, colocada superficialmente en las hileras.

Lisenko (3) (1954 y 1957) congruente con su hipótesis original sobre nutrición mineral de los vegetales, recomienda para los suelos ácidos —y como resultado de varios ensayos— el agregado de 300 a 500 kilogramos de cal; pero con la observación de que en los suelos ácidos con bajo contenido de humus, esa cantidad de cal debe mezclarse con 2 a 3 toneladas de abono orgánico.

Avdonin (1) dice: "...gran significado tiene la aplicación de pequeñas cantidades de cal (200 - 300 Kg por ha) distribuídas sobre las hileras. En ensayos realizados durante 3 años en la Estación Agrobiológica M. G. U., la aplicación de 200 Kg de cal, distribuídos en las hileras, aumentó el rinde de las hierbas perennes en 10 - 12 quintales por ha"; y cita, además, otros resultados positivos, promedio de 2 años, observados en la Estación Experimental de Permsk.

Pero no es sólo en la bibliografía reciente donde se destaca el resultado positivo del agregado de pequeñas dosis de cal a los suelos ácidos, porque ya en Lyon y Buckman (4), se lee: "Muchas veces da buenos resultados la aplicación de pequeñas cantidades de caliza, por ejemplo de 350 a 550 Kg por ha, mezclándola con la semilla que se siembra. Aunque la cal no se mezcla muy bien con el suelo y resulten pocas variaciones del pH y del estado fisiológico del espesor arable, los resultados pueden ser favorables, considerados en conjunto".

Material y método

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Provincial de Paso de la Patria (Dpto. San Cosme). En este establecimiento, las tierras son bajas, anegadizas, con suelo y subsuelo con alto contenido de arcilla. Se sembró en un terreno cuyo suelo es el representativo de dicha Estación Experimental.

A continuación damos los resultados obtenidos en los análisis físicos, mecánicos y químicos, de las muestras de suelos extraídas del lugar del ensayo, y que fueron efectuados por uno de los autores.

Puede apreciarse que en profundidad se insinúa calcáreo, que aparentemente aumentaría con la misma. Este calcáreo se encuentra al estado de tosquillas, concreciones calcáreas, lo que hace presumir que por debajo de este material debe existir un calcipan. Las condiciones estructurales son poco definidas y podrían insinuar estructura masiva a granulada, en bloques grandes angulares, con bordes y vértices bien definidos, de muy fuerte cohesión. Esto con respecto al subsuelo, pues en la capa superficial hay una demarcación definida de su estructura, clasificada como granular fina a mediana, en bloques subangulares. En resumen, puede decirse que se trata de un suelo de textura pesada a excepción de la capa superficial; de drenaje interno muy deficiente, de muy baja movilidad de agua y de una

Perfil N°. 1. (Parte alta).

Profundidad (cm)	Condiciones Físicas			Condiciones Físico-Químicas		Condiciones Químicas (extracción total)				
	Textura	Calcáreo	H E.	pH actual	pH potencial	P205 p. p. m.	Ca. %	N. %	Mat. Org. %	Mn. p. p. m.
0-20	Franco-arenoso a Franco-areno -arcilloso	no contiene.	16,00	5,85	5,00	24,5	0,71	0,073	1,77	410
20-40	Arcilloso	no contiene.	19,9	5,45	4,80	—	0,57	0,060	—	500
40-50	Arcilloso denso	no contiene.	26,45	6,00	4,90	—	0,61	—	—	690
50-60	Arcilloso	no contiene.	28,35	6,50	5,20	—	0.67	—	—	1.415
60-70	Arcilloso	2 %	27,35	6,85	5,60	—	0.85	—	—	960

Perfil N.° 2. (Parte baja).

Profundidad (cm)	Condiciones Físicas			Condiciones Físico-Química		Condiciones Químicas (extracción total)				
	Textura	Calcáreo	H. E.	pH actual	pH potencial	P205 p. p. m.	Ca. %	N %	Mat. Org. %	Mn. p. p. m.
0-20	Arcillo-arenoso a Arcilloso	no contiene.	16,40	5,09	4,95	17,5	0,75	0,060	1,36	640
20-40	Arcilloso	no contiene.	19,00	6,00	4,90	—	0,72	0,034	—	750
40-50	Arcillo-arenoso	no contiene.	26,70	6,20	5,30	—	0,75	—	—	1.000
50-60	Arcilloso denso	no contiene.	30,60	6,60	5,25	—	0,90	—	—	690

alta retención de la misma; y con una aereación muy mala por el pequeño diámetro de sus microporos.

El ensayo se planeó en un block al azar con cinco (5) repeticiones; en parcelas de 10 m de longitud por 3 m de ancho para cada variante; es decir, parcelas de 10 hileras distanciadas a 30 cm.

Las variantes utilizadas en el ensayo fueron las siguientes:

1. —	Semilla sin inocular.								
2. —	»	inoculada [1].							
3. —	»	»	abonando con cal [2] a razón de					250	kg/ha.
4. —	»	»	»	»	cal	»	»	500	»
5. —	»	»	»	»	»	»	»	750	»
6. —	»	»	»	»	»	»	»	1.000	»
7. —	»	»	»	»	»	»	»	1.250	»
8. —	»	»	»	»	»	»	»	1.500	»
9. —	»	»	»	»	»	»	»	1.750	»
10. —	»	»	»	»	»	»	»	2.000	»

[1] La semilla de alfalfa fué inoculada con un cultivo de *Rhizobium meliloti* suministrado por el Instituto de Microbiología e Industrias Agropecuarias, dependiente del I.N.T.A. y de acuerdo a la técnica aconsejada.

[2] Fué utilizada cal apagada y secada posteriormente al aire con un contenido de 57,5 % de carbonatos de calcio y magnesio (37,45 % Ca. 0 y 24 % Mg. 0), según los análisis efectuados.

Se utilizó semilla de alfalfa adquirida en la Casa Diharce (Capital Federal) y una densidad de siembra de 25 Kg/ha. La siembra se hizo a mano el 28/5/57, repartiendo en cada hilera la semilla, pesada y embolsada en la cantidad correspondiente a cada hilera.

Para abonar con cal, también se pesó y embolsó la cantidad que correspondía a cada hilera de las distintas variantes; y la misma se distribuyó entre las hileras, a una profundidad de 20 cms, unos 7 días antes de la siembra.

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos que se citan a continuación, corresponden al período vegetativo 1957/58. El primer corte fué de limpieza. El segundo y tercer corte se efectuaron sobre las seis (6) hileras centrales de cada parcela; pero al finalizar el otoño de 1958, hubo que hacer el cuarto corte sobre 2 m² de cada parcela, donde el "stand" era más uniforme; porque las parcelas habían quedado anegadas por las excesivas lluvias otoñales (recordemos que el suelo era bajo, anegadizo, con subsuelo impermeable), situación que se mantuvo durante un largo período, con el consiguiente deterioro de los "stand" de muchas variantes, y que nos obligó a dar por finalizado el ensayo.

Rendimiento en pasto verde en Kg/ha

Variante N.°	2° Corte	3° Corte	4° Corte	2° más 3° Corte	2° más 3° más 4° corte
1	3.400	5.440	6.500	8.840	15.340
2	7.000	7.500	7.750	14.500	22.250
3	8.500	6.900	6.870	15.400	22.270
4	8.600	8.460	7.370	17.060	24.430
5	8.700	8.900	7.370	17.600	24.970
6	10.200	8.050	7.870	18.250	26.120
7	10.000	8.370	8.120	18.370	26.490
8	10.200	8.430	8.300	18.630	26.930
9	10.400	8.590	7.500	18.990	26.400
10	10.300	8.670	7.550	18.970	26.520
Diferencia necesaria significativa:	1.675	885	1.636	2.344	4.646
Altamente significativa.	2.245	1.185	2.192	3.141	6.226

Discusión

No hay duda de que el terreno donde se realizó el ensayo, por su textura, estructura y composición química, es sumamente inapropiado para cultivar la alfalfa. Sin embargo, en la misma Estación Experimental, hay pequeños lotes más altos, no anegadizos, similares al del ensayo en sus características físico-mecánicas, donde se sembró alfalfa inoculada y el "stand" se mantuvo en muy buenas condiciones durante su segundo año de vida. Además, hay que mencionar la circunstancia, de que en esta misma Estación Experimental, en otro terreno similar, sobreviven plantas de alfalfa que fueran sembradas en el año 1943, por el Ing. Agr. José M. C. Vallejos.

No creemos que los resultados obtenidos sean únicamente valederos en las condiciones específicas locales del ensayo, sino que tienen valor más general y aplicable, por supuesto, a terrenos de mejor textura, aunque similares en lo que respecta al pH, pobreza en Ca. y deficiente contenido en N. y P., suelos que abundan en la provincia de Corrientes.

La primera conclusión que deducimos es la necesidad de inocular la semilla de alfalfa antes de la siembra. Nótese la enorme diferencia en los rendimientos parciales y totales de las variantes N.° 1 y 2, y a favor de la semilla inoculada.

Aunque supusiésemos que con el tiempo, en el cultivo no inoculado se implantase el *Rhizobium meliloti* (posibilidad a demostrar), el "stand" de las parcelas no inoculadas, ya desde los primeros

estadios de su período vegetativo, se mostró clorótico y con gran mortandad de plantas; situación irreversible pues será siempre un "stand" ralo, con grandes claros que ocuparán las malezas.

La segunda conclusión es que con dosis pequeñas de cal (500-750 Kg/ha), se obtuvieron resultados positivos en el rendimiento de la alfalfa, ya desde el primer corte. Compárese los testigos (variante 1 y 2) con las variantes 4 y 5, que corresponden a una abonadura de 500 y 750 Kg/ha, respectivamente. Y que, aunque aumentando la dosis de cal hasta llegar a 2.000 Kg/ha, también se van elevando los rindes de la alfalfa, por lo menos en su primer año de vida, en las condiciones de nuestro ensayo; el aumento más interesante fué el que se registró con la dosis de una tonelada de cal por hectárea (variante 6); pues la diferencia a su favor con respecto al testigo inoculado (variante 2) fué de 3.870 Kg/ha, mientras que duplicando la dosis (variante 10) se consiguió un aumento de 4.270 Kg/ha.

Si se analizan los resultados obtenidos por las variantes en cada corte, y estos entre sí, se observa que excepción hecha de los dos testigos (variante 1 y 2), todas dieron sus mejores rindes en el segundo corte. No tenemos los datos correspondientes al primer corte, pues éste fué de limpieza, con mucha maleza, que hubo que desechar. Y es precisamente en este segundo corte, donde se manifiestan intensamente las diferencias de rendimientos entre las variantes, significativas y altamente significativas. Aún con 250 Kg/ha el rinde está muy próximo a la diferencia significativa (le falta para ello 175 Kg).

En el tercer corte, además de que los rendimientos de las variantes son en general, inferiores a los del segundo corte (salvo en el testigo sin inocular), se nota la tendencia a que las diferencias entre las variantes se vayan reduciendo; tendencia que alcanza su máximo en el cuarto corte, donde precisamente se obtuvieron los menores rendimientos en todas las variantes tratadas con cal.

En el segundo corte, el rendimiento de la variante 5 ya es significativo con respecto a la variante 2 (testigo inoculado), y desde la variante 6 es altamente significativo con el mismo testigo. En el tercer corte existen diferencias significativas a partir de la variante 5; mientras que en el último corte ya no se presentaron diferencias significativas entre las variantes.

Para el cuarto corte se tomaron los rendimientos de cada parcela, con los valores dados por la cosecha de sólo dos metros cuadrados, donde el "stand" era más uniforme. Y así se explicaría que la variante 1 (testigo sin inocular) de mayores rendimientos en el cuarto corte, y en el mismo se aproximó mucho a las demás variantes. Pero esto da una impresión falsa de lo que pasaría en el gran cultivo, porque como ya dijimos, en esa variante se observó una gran mortandad de plantas desde los primeros estadios de su vida, produ-

ciéndose grandes "calvas" en el "stand", situación irreversible que debe reflejarse en los rendimientos.

¿Cómo explicar los resultados positivos que hemos obtenido en el ensayo, que se traduce en un aumento del rendimiento de la alfalfa, aplicando dosis pequeñas de cal apagada?

Previamente, y para aclarar mejor el problema, vamos a resumir lo que generalmente se acepta como efectos producidos por una encaladura.

T. L. Lyon y H. O. Buckman [1] manifiestan que las transformaciones de la cal en el suelo son muchas y complicadas; pero los efectos más conocidos de la encaladura, pueden ser considerados bajo tres aspectos: físico, químico y biológico. Con respecto a los efectos físicos se sabe que en los "suelos pesados", siempre hay una tendencia a una excesiva aglomeración de partículas finas; situación que molesta el movimiento del agua y del aire en el suelo. En un suelo ácido, se fomenta en parte una estructura granular deseable, que facilita el movimiento del agua y del aire, por el agregado de cualquier forma de cal. Pero, dichos autores agregan que, en la práctica, las cantidades de cal adicionadas a un suelo, son generalmente pequeñas como para tener influencia sobre su estructura. De manera, que si con las cantidades de cal generalmente aconsejadas de 2-3 o más toneladas por ha, no se consigue un cambio estructural del suelo, mal podría conseguirse ese cambio con 500-750 y 1000 Kg/ha, cantidades utilizadas en el ensayo; y por lo tanto debemos descartar que el aumento de los rendimientos en las variantes 4, 5 y 6, sea debido a un cambio favorable de la estructura del suelo.

En cuanto a los efectos químicos, se sabe que el agregado de cal en proporción suficiente, reduce la concentración de iones H en el suelo, y tiende a insolubilizar ciertos cationes como el Al, Fe y Mn y que en dosis muy elevadas, la cal puede llevar el pH a más de 7, formándose fosfatos de calcio no asimilables. Además, el agregado de cal puede producir la liberación de elementos nutritivos minerales.

Entre los efectos biológicos, debe destacarse la influencia positiva sobre la actividad de los microorganismos del suelo. El calcio activo acelera la aminación, la amonificación y la oxidación del azufre; estimula a las bacterias fijadoras del nitrógeno del aire, las que viven aisladas o en simbiosis.

En resumen, los autores citados llegan a estas conclusiones con respecto a los efectos de las encaladuras: "Que la reducción de la acidez y el aumento del pH, son los más objetivos. La simple corrección de la reacción del suelo, es en sí misma y en cuanto a lo que se refiere a las plantas superiores y a los microorganismos, importante especialmente en otras formas indirectas, las cuales se relacionan directamente con la nutrición. De modo que al considerar los beneficios de las encaladuras, debe prestarse mayor atención a las conse-

cuencias sobre la nutrición, directas o indirectas; que no a una simple variación del pH del suelo. En verdad, es posible obtener beneficios netos por las aplicaciones de cal al suelo, sin disminuir mucho su concentración de hidrogeniones. Debe recordarse también, que las modificaciones debidas a las encaladuras, son tantas, tan complejas y tan interrelacionadas, que es imposible atribuir las diferencias observadas a un determinado factor".

Descartado el cambio estructural del suelo como causa de los resultados obtenidos en nuestro ensayo, nos resta buscar la explicación en esas variaciones directas e indirectas sobre la nutrición, que señalan LYON y BUCKMAN.

Pero, ¿cuáles son esas modificaciones? Porque, aunque sean "tantas, tan complejas e interrelacionadas, que es imposible atribuir las diferencias observadas, a un determinado factor"; el análisis científico, aunque consciente del peligro de unilateralizarse en la explicación de un fenómeno, debe profundizarse y reducir lo complejo y ambiguo a causas más simples y determinantes. Por eso vamos a ensayar una explicación.

Cabe destacar: 1.º) que aún con 250 Kg/ha de cal (variante 3) se consiguió aumentar el rendimiento; 2.º) que se hicieron determinaciones del pH del suelo correspondientes a cada parcela después de la cuarta cosecha, y no se observaron variaciones del mismo en las variantes en que se aplicó cal, con relación a los testigos.

Citaremos algunas de las conclusiones, basadas en numerosas experiencias, a que llegó AVDONIN [1], después de varios años de estudios:

a) En aquellas plantas cuyo pH óptimo no es el ácido, la acción de un pH ácido es más deletérea cuando afecta a las plantas en sus primeros veinte días de vida; y aún esa influencia negativa continúa, si después de haber estado en un pH 4,5 - 5,5, se trasladan a un pH 6,5 - 7,0. Si dichas plantas germinan y crecen en un pH neutro, y a los 40-60 días de vida se las tralada a un pH ácido, la influencia de éste último disminuye, hasta hacerse casi nula si actúa en plantas de mayor edad (ensayos en trébol, timothy y alfalfa).

b) Si ese pH ácido actúa en los primeros días de vida de la planta, perturba el metabolismo hidrocarbonado y proteico. Disminuye el contenido de proteínas y aumenta el N no proteico. Aumenta el contenido de hidratos de carbono, especialmente monosacáridos y entorpece la transformación de los mismos en sacarosa y en otros hidratos de carbono más complejos. Todo esto se refleja en una disminución de la cosecha. Si ese pH ácido actúa cuando las plantas tienen más edad, no perturba tan manifiestamente su metabolismo.

c) El pH ácido ejerce una influencia negativa sobre la formación de los órganos sexuales; disminuye la cantidad de rudimentos seminales fecundados, y produce una influencia negativa sobre la maduración del cariopse, cuyo peso absoluto disminuye (ensayo con

cebada). También aquí se observó que la planta era más sensible a la acción deletérea del pH ácido, dentro de sus primeros veinte días de vida; y que persistía la acción nociva del pH, aunque las plantas se trasladaran a un pH neutro. También en este caso aumentaba la resistencia de las plantas de cebada, si el pH ácido actuaba sobre plantas de más edad.

d) La reacción ácida del medio, ejerce una acción directa y negativa sobre el vegetal, haciéndole variar el pH de su jugo celular. Según Rubin (6) los cambios de pH producen un cambio en la hidratación de los coloides protoplasmáticos, en sus procesos de imbibición, en la capacidad de adsorción de las células y de los distintos órgánulos de éstas y en la pérdida de iones adsorbidos. En general, una disminución del pH de la solución nutritiva produce un aumento de la adsorción de aniones por la planta y recíprocamente, un aumento del pH produce un aumento de la adsorción de cationes.

e) La influencia negativa del pH ácido del suelo sobre el vegetal, no sólo depende de esa acidez, sino que también está en relación con todo el complejo edáfico, especialmente con el contenido de Ca y P.

f) Con el aumento de la acidez del suelo se solubilizan el Al, el Mn y el Fe y por lo tanto las plantas no sólo sufren por los H^+ sino también por la acción de estos cationes.

g) La acción defensiva del Ca y otros cationes, contra un exceso de H^+ se explica por el antagonismo iónico.

h) Las acciones que produce el pH en el suelo son muy variadas y múltiples, entre las que hay que destacar la influencia negativa en la vitalidad de los microorganismos útiles.

i) Entre los muchos factores que inciden en la fertilidad de un suelo, juegan un rol esencial las formas móviles del Al, Mn y Fe, que son los acompañantes normales de un suelo ácido. Se sabe que el Mn, en dosis adecuadas, es un microelemento esencial de las plantas; pero cuando alcanza determinada concentración en el suelo, ejerce una acción negativa sobre el crecimiento y desarrollo. Esta concentración de Mn móvil, suele hallarse en los suelos podsolizados.

Cuanto más agua contiene el suelo, mayor es la cantidad de Mn móvil. Cuando el suelo está saturado de agua (100 % de su capacidad capilar) su contenido de Mn. móvil aumenta de 30 - 40 veces. Esto se explica, porque con tal cantidad de agua en el suelo, se producen procesos de reducción y el Mn se vuelve bivalente, que es su forma móvil. Hay también variaciones estacionales en el contenido de Mn móvil en el suelo. Estas variaciones dependen de las condiciones climáticas: con exceso de humedad y débil aereación del suelo, el contenido de Mn móvil aumenta notablemente.

Con un contenido de 30 - 32 mg de Mn móvil por cien gramos de suelo, este elemento ejerce una acción negativa sobre la mayoría de los cultivos.

Algunas plantas resisten grandes concentraciones de Mn; otras no.

AVDONIN [1] clasifica los cultivos en cuatro grupos, de acuerdo a sus diferentes resistencias al Mn móvil:

Grupo 1: Altamente resistente: Timothy.
» 2: Medianamente resistente: Avena, Maíz, Mijo, Lupino.
» 3: Susceptible: Trigo de primavera, Cebada, Alforfón, Nabo, Remolacha hortícola, Arveja y Poroto.
» 4: Muy susceptible: Trigo de invierno, Lino, Trébol rojo y *Alfalfa* (la bastardilla es nuestra).

Como regla general, las plantas son más susceptibles al Al móvil que al Mn móvil; y una excepción la constituiría la alfalfa, cuya susceptibilidad al Mn. es mayor que al Al. Esta susceptibilidad de las plantas hacia las formas móviles del Al y Mn, es mayor en los primeros estadios de su vida y durante el período invernal.

No se observa paralelismo entre la susceptibilidad de las plantas a la acidez del medio y a la forma móvil del Mn.

La forma móvil del Mn incide desfavorablemente en la biosíntesis de la clorofila *y ejerce una acción negativa en el crecimiento de las plantas especialmente en la formación de retoños y por lo tanto de masa verde en los sucesivos cortes. El Ca disminuye notablemente la cantidad de Mn móvil en la capa arable y en la planta* (la bastardilla es nuestra).

Para eliminar esta acción negativa de la forma móvil del Mn en los suelos ácidos podsolizados, se recomienda el encalado, la aplicación de cualquier abono orgánico, el uso de abonos fosforados y en particular la distribución de superfosfato y abonos nitrogenados; además de adecuadas labores culturales para mejorar la aereación del suelo y un conveniente drenaje contra el exceso de humedad. Hasta aquí las conclusiones de AVDONIN.

En síntesis, podemos decir que aparte de las características estructurales negativas que suelen hallarse en los suelos ácidos, y que inciden sobre su drenaje y aereación, los factores actuantes e interrelacionados, que tienen una influencia negativa sobre aquellas plantas no adaptadas a esas condiciones ecológicas y en los microorganismos útiles, como los fijadores de nitrógeno y nitrificadores, son el exceso de H^+ y las formas móviles del Al. y Mn.

Las plantas susceptibles a altas concentraciones de estos iones presentan la máxima susceptibilidad desde la germinación y durante los primeros períodos de su vida; pero a medida que continúan cumpliendo su ciclo va aumentando su resistencia a estos factores adversos.

En parte, hay que hacer excepción con las forrajeras perennes (ej. alfalfa), en las cuales, además de presentar susceptibilidad en los primeros estadios, los factores adversos (especialmente Al y Mn móviles) continúan incidiendo desfavorablemente en la formación de retoños de los sucesivos cortes y en su capacidad de resistir satisfactoriamente el período invernal.

El elemento Ca, produce una acción defensiva contra el exceso de H^+, Al y Mn móviles. Reduce la acidez del suelo y la penetración del H^+ en el vegetal: fija el Al móvil del suelo (también el Fe móvil) y disminuye notablemente la cantidad de Mn móvil. La acción defensiva del Ca. contra el Al móvil, tendría una causa directa y otra indirecta, porque al reducir la cantidad de H^+, disminuye indirectamente la cantidad de Al. móvil y además formaría combinaciones con él, fijándolo. En cambio, la acción defensiva contra el Mn móvil parecería ser fundamentalmente indirecta, incidiendo sobre un aumento del pH, lo que en consecuencia disminuye la cantidad de Mn móvil.

¿Cómo podemos relacionar todas estas conclusiones con los resultados que hemos obtenido en nuestro ensayo?

Ya dijimos que los análisis efectuados no demostraron una variación del pH en las parcelas por efecto del encalado. Pero el hecho de que no se hubieran podido detectar variaciones del pH en muestras del suelo sacadas después del cuarto corte (en la primavera de 1958), no quiere decir, a nuestro juicio, que se hubiesen producido variaciones de pH en las partes del suelo limitantes con las partículas de cal distribuídas en las distintas variantes. Nos inclinamos a creer que esas pequeñas dosis de cal, tienen que haber producido a su alrededor, un aumento del pH y una disminución del Mn. móvil, y que las pequeñas plántulas de alfalfa, al extender sus raíces "entre las hileras", exploraban un terreno donde la acción de los factores nocivos (excesiva cantidad de H^+ y de Mn móvil) se veía disminuída. Que esta situación se produjo en los primeros períodos de la vida de las plantas de alfalfa, cuando esta leguminosa es muy susceptible. A esto habría que agregar que en las parcelas tratadas con cal las plantas de alfalfa tenían una mayor cantidad de cationes Ca para satisfacer sus exigencias en este elemento. De aquí los resultados positivos obtenidos en el 2.° corte, aún en la variante 3 (250 Kg/ha de cal apagada) que rindió 1.500 Kg/ha de pasto más, que el testigo inoculado (variante 2).

La visible tendencia a morigerar las diferencias de los rendimientos de las variantes que fueron encaladas, con relación al mismo testigo, que se observa en el 3er. corte y los resultados del 4.° corte, que muestran una declinación vertical y en los que ya no es factible observar diferencias significativas entre todas las variantes, se deberían a que el encalado ya no actuaría por la profundidad alcanzada por las raíces y por hallarse presente en esos horizontes los factores

negativos antes citados, especialmente muy altas concentraciones de Mn móvil y ser esta planta sensible a estos factores, no sólo en los primeros períodos de su vida sino también cuando forma los rebrotes posteriores a los cortes. Obsérvese en los análisis del suelo las concentraciones enormes de Mn móvil.

Creemos que el planteo de nuestro ensayo podría ser mejorado en el sentido de que se hiciera sentir la influencia de la cal desde el momento en que la semilla germina, mezclándola con ella en el momento de siembra y no distribuyéndola entre las hileras; y quizás en esas condiciones sería posible conseguir resultados positivos aún con dosis más pequeñas que las empleadas. Además, quedaría por averiguar si es factible incidir sobre el rendimiento de la alfalfa, no sólo en los primeros cortes, sino a lo largo de su ciclo, por medio de pequeñas encaladuras entre las hileras.

Si bien esta segunda hipótesis debería descartarse por el hecho de que la alfalfa tiene un sistema radicular pivotante y profundo y que mal se podría influir sobre su rendimiento con "micro encaladuras" entre las líneas, ¿no resolvería esta situación la utilización de alfalfas híbridas, que tienen un sistema radicular bastante superficial?

Ensayo con harina de huesos

El objetivo que perseguimos fué averiguar la dosis mínima económica para satisfacer las necesidades en fósforo de la alfalfa en los suelos de Corrientes, pobres en su contenido en este elemento. Como fuente de fósforo se utilizó harina de huesos que hasta hace poco se conseguía fácilmente en la provincia por la molienda que hacían algunos arroceros progresistas de los huesos del ganado vacuno (en su mayor parte) para abonar sus arroceras. La harina de hueso utilizada, según los análisis realizados por uno de los autores, tenía la siguiente composición química:

P_2O_5	16,40 %
OCa	26,00 %
OMg	1,63 %
N	3,93 %

Método seguido

Este ensayo también se realizó en la Estación Experimental Provincial de Paso de la Patria, durante el año agrícola 1957/58, adyacente al anterior y en el mismo tipo de suelo.

Por las mismas causas citadas anteriormente, en el otoño de 1958 se debió dar por finalizado el ensayo. Creemos, que pese a esa circunstancia los resultados obtenidos durante el año agrícola 1957/58 presentan algún interés.

Variantes utilizadas:

1. — Testigo sin inocular.
2. — Testigo inoculado.
3. — Semilla inoculada más agregado de harina de huesos a razón de 52,200 kg/ha.
4. — Semilla inoculada más harina de huesos a razón de 104,400 kg/ha.
5. — » » » » » » » » » 156,600 »
6. — » » » » » » » » » 208,800 »
7. — » » » » » » » » » 261,000 »
8. — » » » » » » » » » 313,200 »
9. — » » » » » » » » » 365,400 »
10. — » » » » » » » » » 417,600 »
11. — » » » » » » » » » 469,800 »
12. — » » » » » » » » » 522,000 »

El planeo experimental, la forma y tamaño de parcelas, la densidad de siembra y la distribución de semilla y abono fué idéntica al utilizado en el ensayo con cal. La siembra se realizó al 30/5/57.

Resultados obtenidos

Rendimiento en pasto verde por hectárea, en kilogramos

Variante N.º	2ª cosecha	3ª cosecha	4ª cosecha	Total 2da. más 3ra.	Cosecha total
1	3.200	5.760	3.500	8.960	12.460
2	7.500	7.040	3.900	14.540	18.440
3	8.200	7.170	3.700	15.370	19.070
4	8.700	7.670	3.900	16.370	20.270
5	8.000	7.290	3.300	15.290	18.590
6	8.600	7.480	3.200	16.080	19.280
7	9.800	7.740	4.500	17.540	22.040
8	8.900	7.820	4.600	16.720	21.420
9	9.600	8.010	4.600	17.610	22.210
10	11.000	8.720	3.300	19.720	23.020
11	10.500	8.910	3.700	19.410	23.110
12	12.400	7.710	4.500	20.110	24.610
D.ferencia significativa:	1.600	2.814	—	2.860	3.559
Altamente significativa:	2.150	3.766	—	4.043	4.794

Discusión

En este ensayo se confirma la observación de que es necesario inocular la semilla antes de la siembra. Nótese que con sólo esa práctica se consigue un aumento en el rinde en el primer año, de alrededor de 6 toneladas de forraje verde por ha. Dato que corrobora el conseguido en nuestro ensayo con cal, en donde también por el sólo efecto de la inoculación se consiguió casi el mismo aumento del rinde en relación con el testigo no inoculado.

La segunda conclusión es que ya con la dosis más pequeña de harina de huesos (alrededor de 52 Kg/ha) se consigue un resultado positivo y que éste en general va aumentando con cantidades mayores de harina de huesos. Pero los aumentos más interesantes y por consiguiente más económicos, se obtienen hasta la variante 7. En esta variante que corresponde a una utilización de 261 Kg/ha de harina de huesos, se obtuvo un aumento de rinde con respecto a la variante 2 (testigo inoculado) de más de 3,5 toneladas de forraje verde por ha. En cambio, utilizando el doble de harina de huesos (522 Kg/ha), variante 12, el aumento en el rinde con respecto a la variante 7 es de un poco más de 2,5 toneladas de forraje verde por ha.

Si se analizan los resultados de las variantes en cada corte y estos entre sí, se observa que excepto la variante 1 (que corresponde al testigo en blanco), que dió el mayor rinde en el 3er. corte, todas las demás dieron el mayor rinde en el 2.° corte (hay que recordar que el primer corte de "limpieza" se eliminó por contener en todas las variantes excesiva cantidad de malezas) y es, justamente, en el 2.° corte donde la diferencia entre el rinde de las variantes es más aguda. En el 3er. corte, con la excepción señalada y la del testigo inoculado, los rindes son muy inferiores y, además, hay una tendencia a igualarse entre las distintas variantes, excepto el testigo en blanco (variante 1). En el 4.° corte, último del año 1958, los rindes en todas las variantes llegan al mínimo y además, se hace mucho más aparente la tendencia a igualarse los rindes de todas las variantes inclusive el testigo en blanco. Es decir que en el ensayo con harina de huesos se repite lo que habíamos observado en el ensayo con cal.

De los resultados obtenidos en la determinación del pH de las distintas variantes (realizado después del 2.° corte), se deduce que éste no varió con el agregado de harina de huesos.

Los análisis realizados de la harina de huesos utilizada revelan que ésta era muy pobre en fósforo y que el contenido de Ca. era 26 % (en óxido de Ca.); además se sabe que el P. en la harina de huesos se halla en forma poco soluble, poco asimilable. Por lo tanto, los resultados obtenidos no pueden ser atribuídos únicamente al P sino a la acción conjunta del P y Ca de la harina de huesos.

Habiendo analizado ya la influencia del Ca. en los suelos ácidos nos referiremos ahora a la del P. Según AVDONIN (1) la acción negativa de un exceso de acidez, en grado significativo es contrarrestada por la adición de abono fosforado. El P no cambia la reacción del medio exterior (solución del suelo), pero ejerce su efecto positivo contra un exceso de H^+ y de Mn móvil, debilitando su acción en el interior de la planta, favoreciendo el metabolismo de los hidratos de carbono, el metabolismo proteico, la formación de los órganos sexuales, el proceso de la fecundación y de la formación de "granos". No hay que descartar la influencia del P de la harina de huesos sobre el propio *Rhizobium meliloti* y su *influencia* en la formación de los nódulos y la eficiencia de los mismos. Según KORSANOVOI y KONOKOTINOI [citados por FEDOROV (2)] la presencia de P favorece la formación de nódulos en las leguminosas, la penetración del *Rhizobium* en el sistema radicular y la formación del tejido bacteroide en el nódulo. Según ensayos de estos autores en soja, mantenida en solución nutritiva completa, se formaron 64 nódulos con un peso de 0,8 g; eliminado el P de la solución nutritiva, se formaron 29 nódulos con un peso de 0,2 g.

Todos estos procesos son perturbados por un exceso de H^+ y de Mn. móvil.

La sensibilidad de las plantas a las formas móviles de Al y Mn está ligada a su capacidad en asimilar los fosfatos. En el período vegetativo, en el que las plantas asimilan débilmente el fósforo (primeros períodos de su vida), es cuando poseen el mínimo de resistencia hacia las formas móviles de Al y Mn (la bastardilla es nuestra). A la luz de estos datos, dice AVDONIN (1), llega a ser comprensible el gran efecto del superfosfato cuando se coloca en las líneas en los suelos ácidos. En ensayos de campo, realizados por el autor anteriormente citado, distribuyendo superfosfato a razón de 10 Kg/ha de P_2O_5, aumentó el rinde de mijo en 9,8 quintales/ha; en otros ensayos realizados en la región de Moscú con trigo de invierno, el aumento fué de 12 quintales/ha.

Según ensayos realizados por Prianishnikov las distintas especies tienen distinta capacidad en asimilar el P. que se halla en combinaciones poco solubles. Según ensayos realizados por Advonin, esa capacidad varía para una misma especie en el transcurso de su vida. Por ejemplo, el trébol (no cita la especie), durante el primer año de su vida asimila pocos fosfatos casi insolubles; pero durante el segundo año de su vida su capacidad de asimilar fosfatos poco solubles aumenta mucho. El autor no cita ensayos con alfalfa.

Teniendo en cuenta que el período de mayor susceptibilidad a la influencia negativa del exceso de H^+, de formas móviles de Al y Mn se manifiesta en los primeros períodos de vida de la planta, sin descartar su influencia sobre el rebrote; y que justamente en

ese momento es cuando muchas especies de plantas son incapaces de asimilar adecuadamente formas poco solubles de fosfato, creemos que el planeo de ese ensayo puede ser mejorado. Habría que utilizar como fuente de fósforo formas más solubles que la harina de huesos, verbigracia superfosfatos; debiera distribuirse el superfosfato no entre las líneas, sino en las mismas líneas mezclado con la semilla. Además debiera ensayarse la mezcla de superfosfato en pequeñas cantidades con microdosis de Mo y quizás B, diluyéndolos en pequeñas cantidades de agua y con esa solución regar el superfosfato que se va a mezclar con la semilla. En este sentido es digno de mención por los resultados obtenidos, el ensayo realizado durante 4 años, en condiciones de campo, por RATNER y BURKIN [5]. Citaremos sus resultados por considerarlos de interés.

En un ensayo de 4 años en suelo ácido (pH potencial: 4,7 - 4,8; Al móvil 3 mg. en 100 g.) en el que ensayaron una mezcla forrajera compuesta de trébol rojo, alfalfa y gramíneas, mezclaron con las semillas (en una de las variantes) superfosfato granulado a razón de 50 Kg/ha enriquecido con 300 g/ha de $(NH_4)_2MoO_4$ (alrededor de 150 g/ha de Mo). Esta microdosis de Mo y superfosfato introducida en el suelo con la semilla continuó ejerciendo un alto efecto positivo aún en el cuarto año de vida de la mezcla forrajera. El efecto producido en el rinde por el superfosfato más Mo, fué doble que el de superfosfato sin Mo; y en los suelos de gran acidez y alto contenido de Al móvil, su efecto positivo fué de 3 - 4 veces el de superfosfato sólo.

El aumento en el rinde fué principalmente debido a un mejor crecimiento de las leguminosas (trébol y alfalfa), mientras que las gramíneas y especialmente las malezas tenían una menor participación en el rinde.

Además de aumentar el rinde, el Mo también aumentó el valor nutritivo de las leguminosas y de las gramíneas de la mezcla forrajera: el N absorbido por las plantas fué en su mayor cantidad utilizado en la síntesis proteica, aumentó significativamente el contenido de carotene y clorofila; en el trébol aumentó el contenido de N.

Bajo condiciones de deficiencia de Mo, el superfosfato granulado introducido simultáneamente con la semilla, tuvo una influencia negativa, difícil de aplicar, en la síntesis proteica. Esta influencia negativa del superfosfato es eliminada por el Mo. Hasta aquí las conclusiones de RATNER y BURKIN.

Sólo realizando ensayos podríamos determinar por cuánto tiempo persistiría en la alfalfa, en nuestras condiciones concretas, el efecto útil del empleo de pequeñas cantidades de superfosfato y si, su enriquecimiento con Mo, se manifiesta de una manera tan positiva como dicen los autores citados. Pero creemos que aunque el efecto positivo no fuese tan duradero como el que obtuvieron RATNER y

BURKIN, sería factible restablecerlo colocando nuevas dosis de superfosfato (con o sin Mo) entre las líneas o quizás mejor suministrándolo por aspersión.

RESUMEN

En este trabajo, los autores estudian el efecto que sobre el rendimiento de la alfalfa (*Medicago sativa*) produce la incorporación de diferentes dosis de cal y harina de huesos, en un suelo pobre de P y Ca; de una textura pesada con alto contenido de arcilla en todos los horizontes, de un pH ácido (5.1 a 6.2) y que es característico de la zona donde fué hecha la experiencia.

Se han obtenido resultados referentes a la influencia de la inoculación de la semilla con *Rhizobium* y el agregado de cal y harina de huesos sobre los rendimientos.

SUMMARY

In this work, the authors study the effect that upon yield of lucerne (*Medicago sativa*) produces the incorporation of different doses of lime and powder of bones, in a soil poor of Ca and P elements; the heavy texture with high containment of clay in all horizontal planes, of a pH acid (5.1 to 6.2), and that is characteristic of the zone where the experience took place.

They have obtained results referring to the influence of inoculation of the seed, the addition of lime and powder of bones upon the amount of yields.

BIBLIOGRAFÍA

(1) AVDONIN, N. S., 1957. — Problemas agrícolas en los suelos ácidos. *Editorial del Estado de Literatura Agrícola.* Moscú (en ruso).

(2) FEDOROV, M. V., 1954. — Microbiología del suelo. *Editorial del Estado "Ciencia Soviética".* Moscú (en ruso).

(3) LISENKO, T. D., 1954. — Sobre la nutrición de las plantas por el suelo y el aumento del rinde de los cultivos. *Editorial del Estado de Literatura Agrícola.* Moscú (en ruso). 1957. Agrobiologuia N.° 3.

(4) LYON, T. L. y BUCKMAN, H. O., 1947. — Edafología, naturaleza y propiedades del suelo. pág. 337 y siguientes. *Acme Agency.* Buenos Aires.

(5) RATNER, E. I. y BURKIN, I. A., 1958. — "La gran efectividad del uso de microdosis de molibdeno con superfosfato granulado para aumentar el rinde de las hierbas perennes". *Fiziologuia Rastieni.* Tomo 5, N.° 4.

(6) RUBIN, B. A., 1956. — Fisiología Vegetal. Parte II, pág. 22. — *Editorial del Estado "Ciencia Soviética"*. Moscú (en ruso).

(7) VLASIUK, P. A., 1952. — "Sistemas de nutrición de los cultivos en las rotaciones". *Boletín de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S.* (Serie Biológica) N.° 2, (en ruso).

(8) WHYTE, R. O., NILSON-LETSSNER, G. y TRUMBLE, H. C., 1955. — "Las leguminosas en la agricultura". pág. 196. *F. A. O. Estudios Agropecuarios.* N.° 21. Roma.